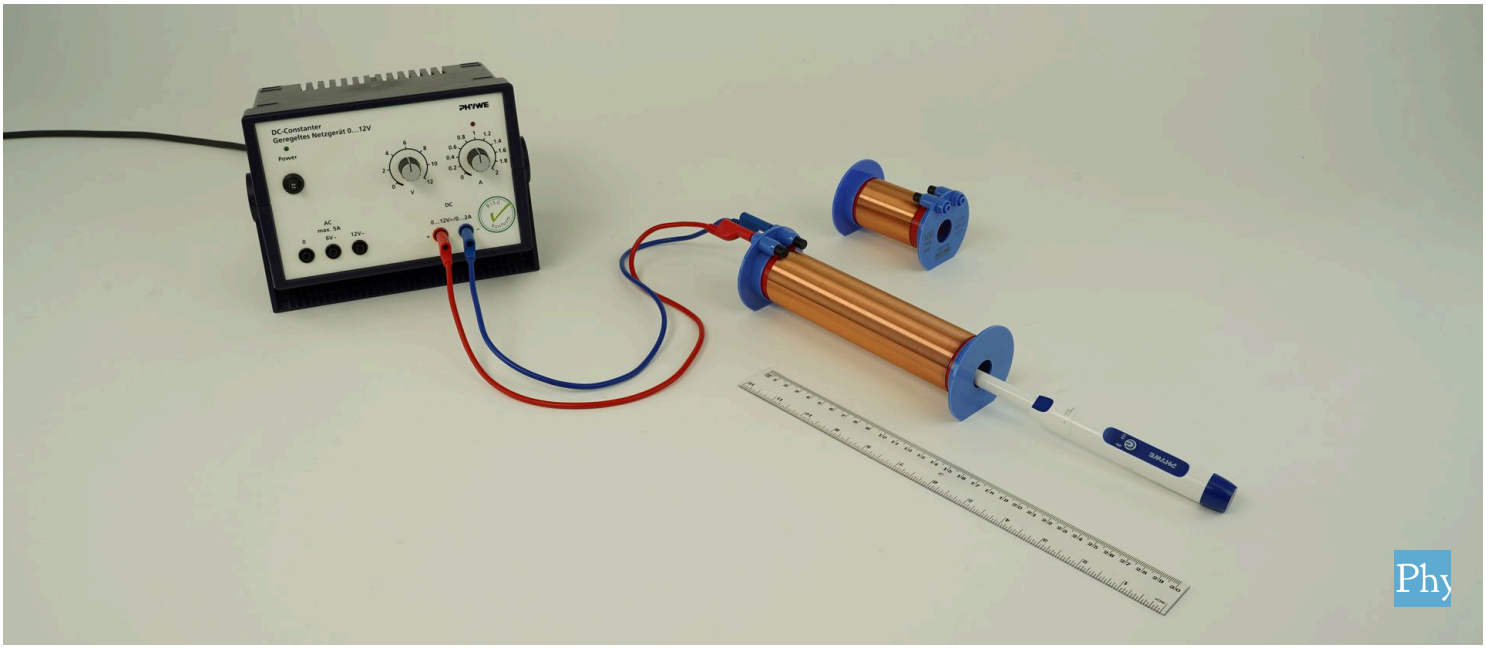
Magnetische Flussdichte einer dicken Spule



Physik | Elektrizität & Magnetismus | Elektromagnetismus & Induktion

Schwierigkeitsgrad	Gruppengröße	Vorbereitungszeit	Durchführungszeit
mittel	-	-	-

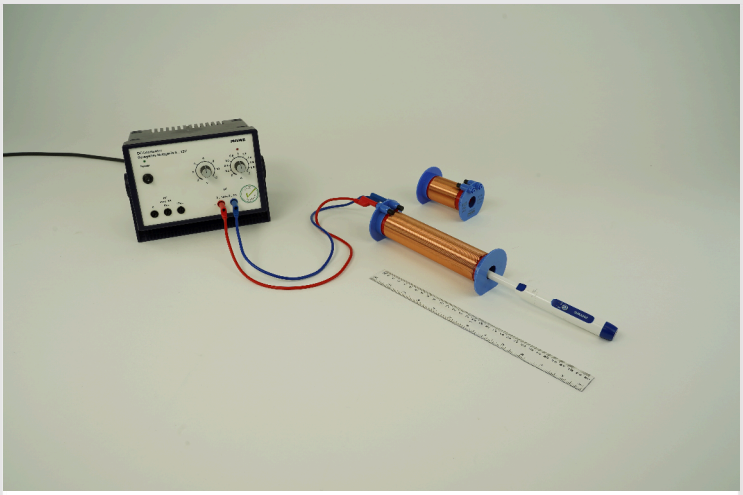
PHYWE excellence in science
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

PHYWE excellence in science

Lehrerinformationen

Anwendung

PHYWE excellence in science



Versuchsaufbau

Spulen werden in vielen elektronischen Gegenständen eingebaut. Sie werden zum Beispiel bei Transformatoren, Elektromotoren oder bei Lautsprechern verwendet.

Spulen erzeugen nur ein Magnetfeld, wenn sie an einer Stromquelle angeschlossen sind. Dabei hängt die Stärke des Magnetfeldes vom Abstand zur Spulenmitte ab. Im Inneren der Spule ist die Magnetfeldstärke nahezu konstant, während sie außerhalb der Spule schnell schwächer wird.

PHYWE excellence in science
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Sonstige Lehrerinformationen (1/3)

PHYWE excellence in science

Vorwissen

Die Schüler sollten mit den Grundlagen der magnetischen Flussdichte vertraut sein und sollten wissen, dass eine stromdurchflossende Spule ein Magnetfeld erzeugt.

Prinzip

Die magnetische Flussdichte ist innerhalb einer langen, dünnen Spule nahezu konstant und fällt außerhalb der Spule schnell ab. Für eine Zylinderspule mit Radius R und Länge l beträgt die magnetische Flussdichte B entlang der x-Achse:

$$B = \frac{\mu N I}{2l} \cdot \left(\frac{x + l/2}{\sqrt{R^2 + (x + l/2)^2}} - \frac{x - l/2}{\sqrt{R^2 + (x - l/2)^2}} \right)$$

Dabei ist μ die magnetische Permeabilität, I die Stromstärke und N die Windungszahl. $x = 0$ ist hierbei die Spulenmitte und $x = \pm l/2$ sind die Spulenenden.

Sonstige Lehrerinformationen (2/3)

PHYWE excellence in science

Lernziel

In diesem Versuch soll die magnetische Flussdichte in Abhängigkeit vom Abstand zum Mittelpunkt einer stromdurchflossenen Spule und in Abhängigkeit zur Länge der Spulen (bei gleicher Windungsdichte) untersucht werden.

Aufgaben

1. Messen der magnetischen Flussdichte der Spule mit 41mm Ø und mit 100 Windungen entlang der Längsachse der Spule.

2. Messen der magnetischen Flussdichte der Spule mit 41mm Ø und mit 300 Windungen entlang der Längsachse der Spule.

PHYWE excellence in science

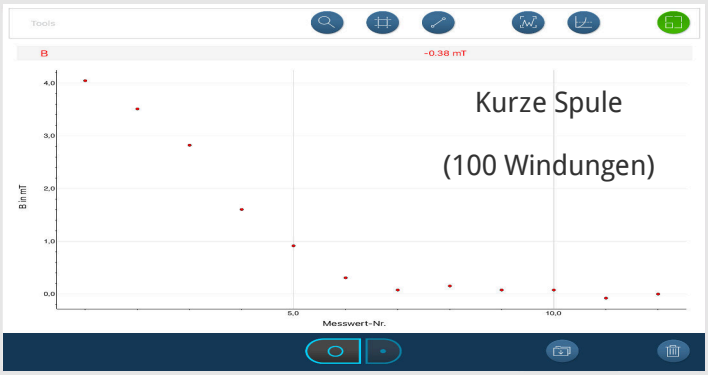
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

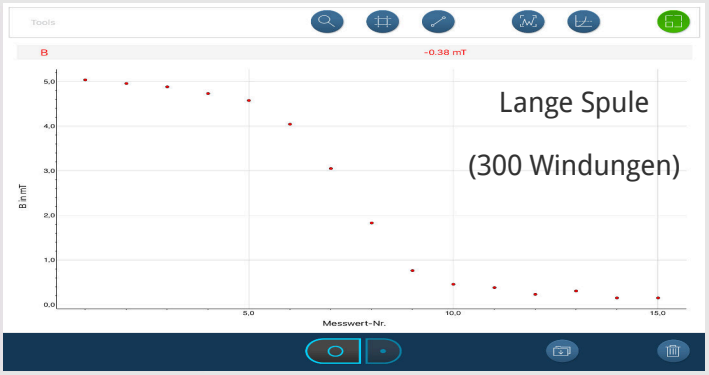
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Sonstige Lehrerinformationen (3/3)

Anmerkung: Beim Vermessen des Magnetfeldes der Spule ist darauf zu achten, dass die magnetische Flussdichte an der Spitze des Magnetfeldsensors gemessen wird. Zudem sollen die Schüler genau darauf achten, bei welchem Messpunkt die Sensorspitze die Spule verlässt.





Sicherheitshinweise

Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

PHYWE excellence in science

Schülerinformationen

Motivation

PHYWE excellence in science

Elektromagnet bei einem Bagger

In Elektromagneten wie hier beim Bagger, in Transformatoren oder in Lautsprechen sind Spulen eingebaut. Eine Spule erzeugt ein Magnetfeld, wenn sie am Strom angeschlossen ist. Dabei ist die Magnetfeldstärke in der Spulenmitte am größten und fällt mit zunehmendem Abstand außerhalb der Spule schnell ab. Einen Spezialfall bilden die langen, dünnen Spulen, da hierbei die Magnetfeldstärke im Spuleninneren nahezu konstant über die gesamte Länge ist.

In diesem Versuch lernst du in welcher Weise die Magnetfeldstärke einer Spule vom Abstand zur Spulenmitte und deren Länge abhängt.

PHYWE excellence in science

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Aufgaben

1. Miss die magnetische Flussdichte der Spule mit 41mm Ø und mit 100 Windungen (kurze Spule) entlang der Längsachse der Spule.

2. Miss die magnetische Flussdichte der Spule mit 41mm Ø und mit 300 Windungen (lange Spule) entlang der Längsachse der Spule.

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	Cobra SMARTsense - 3-Axis Magnetic field, (Bluetooth + USB)	12947-00	1
2	PHYWE Netzgerät, RiSU 2019 DC: 0...12 V, 2 A / AC: 6 V, 12 V, 5 A	13506-93	1
3	Induktionsspule, 300 Windungen, d = 40 mm	11007-01	1
4	Induktionsspule, 100 Windungen, d = 40 mm	11007-05	1
5	Lineal, l = 30 cm	09851-40	1
6	Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, rot Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07361-01	1
7	Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, blau Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07361-04	1
8	measureAPP - die kostenlose Mess-Software für alle Endgeräte	14581-61	1

PHYWE excellence in science
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Aufbau (1/4)

PHYWE excellence in science

Zur Messung der magnetischen Flussdichte wird der Cobra SMARTsense und die measureAPP benötigt. Die App kann im App Store kostenlos heruntergeladen werden - QR-Codes siehe unten. Kontrolliere, ob an deinem Gerät (Tablet, Smartphone) Bluetooth aktiviert ist.

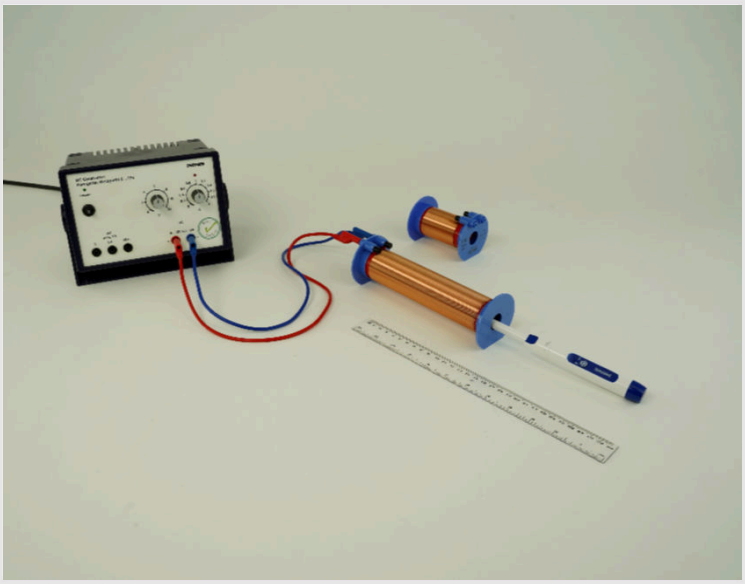
measureAPP für Android Betriebssysteme

measureAPP für iOS Betriebssysteme

measureAPP für Tablets / PCs mit Windows 10

Aufbau (2/4)

PHYWE excellence in science



Baue den Versuch gemäß der linken Abbildung auf: Schalte dazu das Netzgerät (Gleichstrom) und die Spule mit $N = 300$ Windungen in Reihe.

Stelle das Netzgerät auf 0 A auf 12 V (rechter Anschlag) ein. Durch die hiermit aktivierte Strombegrenzung kann nun die Stromstärke geregelt werden.

Schalte das Netzgerät ein.

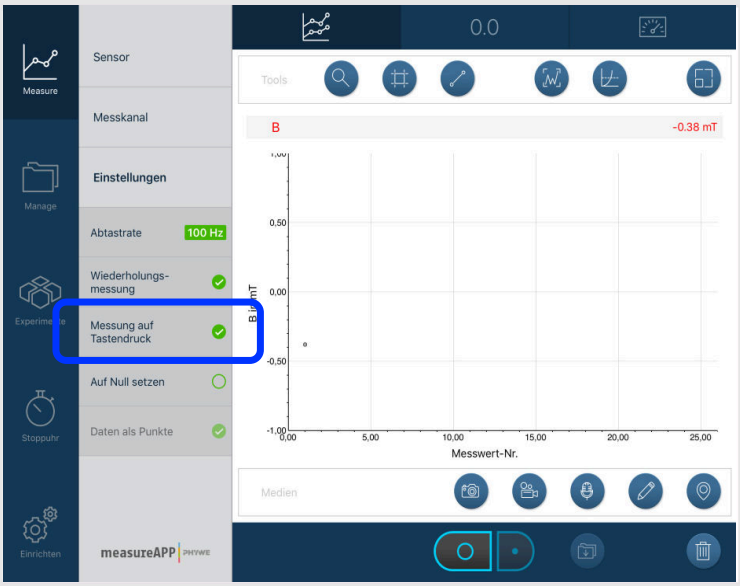
PHYWE excellence in science

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Aufbau (3/4)



Starte auf dem Tablet die measureAPP und schalte den Cobra SMARTsense Magnetfeldsensor an (I/O Knopf ca. 3 Sekunden gedrückt halten).

Wähle in der measureAPP den Sensor aus und verbinde ihn so mit der App. Folgende Einstellungen sind vorzunehmen:

- Feiner Messbereich (- 5 mT ... + 5 mT)
- Messfrequenz: 200 Hz

Wähle außerdem Messung auf Tastendruck aus.

Aufbau (4/4)

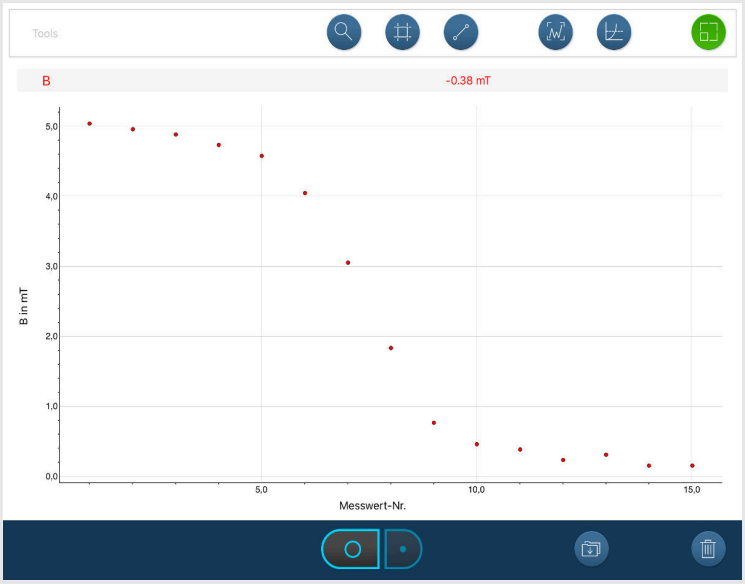
Wähle unter Messkanal nur die Längsrichtung B_x des Sensors, so dass nur die magnetische Flussdichte in Richtung der Längsachse des Sensors gemessen wird.

Positioniere den Sensor in der Spule so, dass sich die Spitze in der Spulenmitte befindet. Kalibriere den Sensor auf Null:

'Einstellungen' > 'Auf Null setzen'.

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Durchführung (1/2)



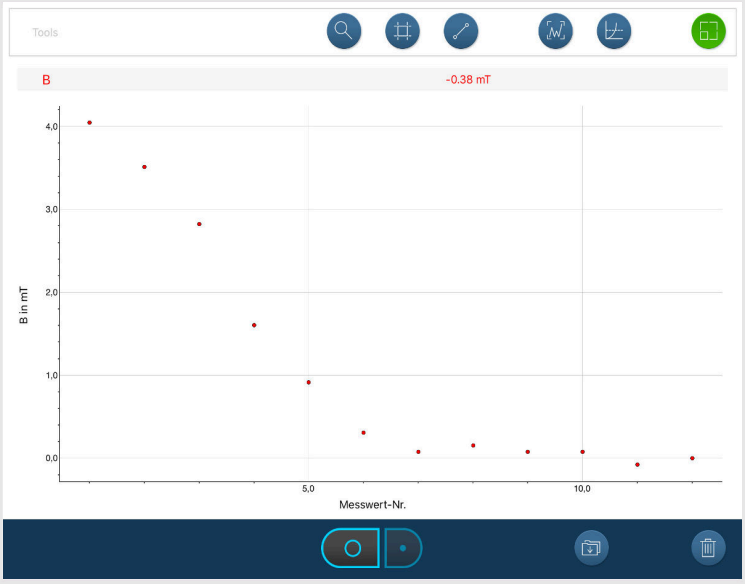
Stelle die Stromstärke am Netzgerät auf ca. 1,2 A ein. Positioniere den Magnetfeldsensor so in der Spule, dass sich die Spitze genau in der Spulenmitte befindet.

1. Erhöhe den Abstand zur Spulenmitte in Schritten von 1 cm und nimm für jede Position einen Messpunkt per Tastendruck auf.

Auf diese Weise entspricht die x-Achse der Messung: $x[cm]$.

2. Regele nach dem letzten Messwert (einige Zentimeter außerhalb der Spule) die Stromstärke auf Null und schalte das Netzgerät aus. Speichere deine Messwerte.

Durchführung (2/2)



1. Tausche die verbaute Spule durch die mit einer Windungszahl von $N = 100$ aus, positioniere den Sensor wieder in der Spulenmitte und schalte das Netzgerät wieder ein.

2. Erhöhe den Abstand zur Spulenmitte in Schritten von 1 cm und nimm für jede Position einen Messpunkt per Tastendruck auf.

3. Schalte nach dem letzten Messwert das Netzgerät aus und speichere deine Messwerte.

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

PHYWE excellence in science

Protokoll

Aufgabe 1

PHYWE excellence in science

Wie hoch ist die magnetische Flussdichte in der Mitte der Spule? Gib die Beträge deiner Werte an. Bilde anschließend den Quotienten.

$n = 300: \quad B(x = 0) =$

$n = 100: \quad B(x = 0) =$

$$\frac{B(x = 0, n = 300)}{B(x = 0, n = 100)} =$$

PHYWE excellence in science
Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen
Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107
info@phywe.de
www.phywe.de

Aufgabe 2

PHYWE excellence in science

Vergleiche das Verhältnis der Magnetfeldstärken B_i in der Spulenmitte mit dem Verhältnis der Windungszahlen N_i bzw. den Windungsdichten n_i. Welche Aussagen sind richtig?

- [ ] $B_1/B_2 \approx N_1/N_2$
- [ ] $B_1/B_2 \ll N_1/N_2$
- [ ] $B_1/B_2 \approx 1$, da $n_1 = n_2$

Überprüfen

Aufgabe 3

PHYWE excellence in science

Schaue dir den Verlauf deiner Messungen an. Welche der Aussagen sind richtig?

- [ ] Die magnetische Flussdichte ist bis zum Ende der langen Spule relativ konstant.
- [ ] Bei der kurzen Spule mit 100 Windungen nimmt die magnetische Flussdichte früher ab.
- [ ] Die magnetische Flussdichte nimmt am Ende der langen Spule stark ab.
- [ ] Die magnetische Flussdichte ist bis zum Ende der kurzen Spule relativ konstant.
- [ ] Die magnetische Flussdichte nimmt am Ende der kurzen Spule stark ab.

Überprüfen

PHYWE excellence in science

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Aufgabe 4

PHYWE excellence in science

Füge die Wörter an den richtigen Stellen ein.

Die _____ Flussdichte ist _____ der Spule geringer als _____ der Spule.

Nicht benötigt: _____

elektrische
außerhalb
innerhalb
magnetische

Überprüfen

Aufgabe 5

PHYWE excellence in science

Die Windungsdichte ist bei beiden Spulen gleich. Trotzdem ist die magnetische Flussdichte in der Mitte bei der langen Spule mit 300 Windungen höher als in der Mitte der kurzen Spule mit 100 Windungen. Warum?

- [ ] Innerhalb einer Spule ist das Magnetfeld konstant, jedoch gilt dies nur für lange Spulen.
- [ ] Auf Grund der Länge der kurzen Spule spielt hier der Radius eine wesentlich größere Rolle. Daher ist hier das Magnetfeld etwas geringer.
- [ ] Weil die Magnetfeldstärke proportional mit der Länge der Spule wächst.

Überprüfen

PHYWE excellence in science

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de

Aufgabe 6

PHYWE excellence in science

Du hast die magnetische Flussdichte von der Mitte aus bis zu einem Ende der Spule und darüber hinaus aufgetragen. Was glaubst du, wie würde der Verlauf aussehen, wenn du die ganze Längsachse vermessen hättest?

- ○ Man könnte die Messung an der y-Achse spiegeln, muss sie aber zudem noch invertieren auf Grund der Energieerhaltung.
- ○ Man könnte die Messung an der y-Achse spiegeln. Die Feldstärke ist symmetrisch zur Spulenmitte.
- ○ Man kann aus der Messung keinerlei Rückschlüsse auf den Verlauf der Magnetfeldstärke in der anderen Spulenhälfte ziehen.

Überprüfen

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 19: Verhältnis der Magnetfeldstärken/Windungszahlen	0/2
Folie 20: Magnetische Flussdichte am Ende der Wicklung	0/3
Folie 21: Magnetische Flussdichte einer Spule	0/4
Folie 22: B in der Spule und Windungszahl	0/2
Folie 23: Magnetische Flussdichte einer Spule über die ganze Längsa...	0/1

Gesamtsumme 0/12

Lösungen | Wiederholen | Text exportieren

PHYWE excellence in science

Robert-Bosch-Breite 10
37079 Göttingen

Tel.: 0551 604 - 0
Fax: 0551 604 - 107

info@phywe.de
www.phywe.de